МВД - СССР

Норильский Комбинат

Центральная Лаборатория УПСМ

Установление производственных факторов при вакуумировании бетона и железобетона

п. Норильск 1951г.

000

МВД СССР
НОРИЛЬСКИЙ КОМБИНАТ

Центральная лаборатория
Управления предприятий стройматериалов

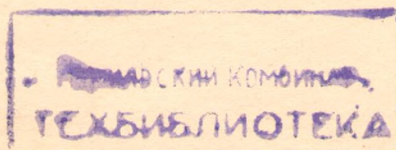
Тема № 87/51...

Установление производственных факторов при вакуумировании бетона и железобетона

Главный инженер
Управления предпр. строймат. (Алфименко)

Начальник Центральной
лаборатории УПСМ (Настас)

Руководитель научно-исследовательской группы (Левитанский)



1951 год

О Г Л А В Л Е Н И Е

В В Е Д Е Н И Е

ВАКУУМИРОВАНИЕ БЕТОНА КАК СРЕДСТВО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

Плотная структура бетона предопределяет основные его свойства, а в первую очередь прочность, водопроницаемость, морозостойкость, долговечность и др. устойчивость против химической агрессии.

Вакуумирование бетона является серьезным технологическим средством улучшения свойств бетона и в первую очередь для достижения более плотной структуры.

При вакуумировании происходит деаэрация свежего бетона, отбор избыточной воды в разряженное пространство вакуумкамеры и некоторое прессование под влиянием атмосферного давления, что приводит к уплотнению бетона и главным образом его поверхности.

При вакуумировании ускоряется твердение бетона и что особенно важно - в начальные сроки. Создаются условия для возможности сокращения сроков распалубки. Плоские железобетонные изделия могут быть распалублены немедленно по окончании вакуумирования. Сроки пропаривания таких изделий могут быть сокращены почти вдвое.

Введение процесса вакуумирования позволяет сократить расход цемента на 10-15%.

Учитывая вышеизложенное, вопрос внедрения вакуумирования бетонных и железобетонных изделий в цехах железобетонных изделий и на стройках комбината является чрезвычайно актуальным. До проведения настоящей работы, опыта ва-

куумирования в комбинате не было. Целью настоящей работы является постановка опытов по вакуумированию бетонных и железобетонных изделий в Центральной лаборатории управления стройматериалов, установления производственных параметров для дальнейшего промышленного внедрения этой прогрессивной технологии на предприятиях комбината.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

Методика проведения опытных работ по вакуумированию бетона заключалось в следующем:

1. Выявление начальной связанности в свежем вакуумбетоне в раннем возрасте и твердения (0,2, 4 часов).

2. Влияние продолжительности вакуумирования на количество отобранной воды из бетона и на его механическую прочность.

3. Рост прочности вакуумированного бетона в сравнении с невакуумированным бетоном в 3, 7, 28, 60, 90 и 180 дневном возрасте при нормальных условиях хранения.

4. Выявление продолжительности выдерживания вакуумированного бетона без опалубки в помещении до пропаривания

5. Рост прочности вакуумированного бетона в сравнении с невакуумированным бетоном после пропарки.

6. Влияние дополнительного вибрирования и вакуумирования на прочность бетона.

7. Влияние замораживания на прочность вакуумированного бетона в сравнении с невакуумированным бетоном до начала схватывания.

8. Влияние вакуумирования на плотность бетона в сравнении с невакуумированным бетоном.

9. Влияние вакуумирования на динамику высыхания бетона. Опытные работы производились в лабораторных условиях на образцах из бетонных кубиков размером 10 х 10 х 10 см и из бетонных плиток размером 33 х 33 х 3 см.

На основании полученных опытных данных, производились полузаводские опыты на бетонном заводе № 2.

Образцы ребристые плиты изготовлялись размером 750 х 495 миллиметров.

Физические процессы в бетоне при его вакуумировании

Изготовление бетона заключается в смешении вяжущего вещества, воды и заполнителей.

Структура бетона зависит от его состава и условий изготовления. При изготовлении обычных бетонов некоторая часть цемента оседает в воде; любое механическое воздействие (перемешивание, толчки, вибрирование), как бы взмучивает цемент в воде затворения. Как только бетон перешел в состояние покоя, цемент начинает оседать, причем первоначально оседают крупные частицы.

После уплотнения бетона, структура его представляется в виде следующей системы.

Скелет из щебня и песка. Цементные частицы разного размера, осевшие в промежутках между ее частицами песка. Промежутки между цементными частицами заполнены водой и частично воздухом.

Вода, выделившаяся поверх осевшего цемента заполняет крупные поры; в этих порах может находиться также и воздух. Плотность бетона имеет решающее значение для повышения его водонепроницаемости, стойкости против химической агрессии и морозостойкости.

Одним из методов дополнительного физического воздействия на уплотнение бетона, является вакуумирование бетона. Представление о процессах, происходящих в свежем бетоне во время вакуумирования сводится к следующему.

В момент создания на поверхности бетона пониженного

давления равновесия внутренней структуры бетона нарушается. В пузырьках воздуха внутри бетона, вблизи вакуммполости, возникает избыточное давление. Под воздействием избыточного давления в воздушных пузырьках, об'ем этих пузырьков увеличивается по направлению к вакуумполости, вытесняя воду в эту полость.

Как только пузырьки воздуха в слое бетона, лежащего вблизи вакуумполости получат начальное расширение, в следующем слое воздушных пузырьков также возникает избыточное давление, однако, меньшей величины.

Процесс непрерывно развивается, захватывая все более глубокие свои бетона.

Приближенные математические расчеты и опытные данные в основном подтверждают теоретическую зависимость, что время вовлечения слоев бетона в процесс вакуумирования пропорционально квадрату толщины бетона.

Эффект вакуумирования бетона зависит, главным образом, от величины осадки бетона в процессе вакуумирования, увеличивающий плотность упаковки компонентов бетона.

Отбор воды из бетона во время вакуумирования, не сопровождаемое осадкой бетона, ухудшает структуру свежего бетона, увеличивает об'ем воздушных пор, затрудняет условия гидротации цемента, так как его поверхность может оказаться не обводненной.

В литературе имеется указание на ускорение смачиваемости твердых тел жидкостями в разреженном пространстве. Следовательно, при вакуумировании бетона можно ожидать ускорения смачивания цемента водой, это в свою очередь

ускорнет твердение бетона. Такое положительное влияние вакуумирования бетона возрастает с увеличением разрежения. Чем больше разрежение в вакуумполости, тем более вероятна осадка бетона.

Осадка бетона, при вакуумировании в основном зависит от: 1) уменьшения содержания воздуха в бетоне;

2) увеличения количества отбираемой воды;

3) увеличения разрежения в вакуумполости.

Для увеличения количества отбираемой воды необходимо увеличить продолжительность вакуумирования и увеличить разрежение в вакуумполости. Однако продолжительность вакуумирования ограничивается экономичностью процесса.

Во время вакуумирования большая часть энергии затрачивается на расширение воздушных пузырьков и на перемещение воды в порах бетона по направлению к вакуумполости, с преодолением сопротивления ..трения.........

В результате эта энергия почти полностью расходуется на отбор воды. Другая, меньшая часть энергии затрачивается на сближение твердых частиц. Именно это и составляет конечную цель процесса вакуумирования.

Таким образом, процесс вакуумирования состоит из двух этапов. Первый этап более продолжительный, в основном сводится к отбору воды из бетона и второй этап - короткий сопровождающийся прессованием бетона.

При применении воздухопроницаемой опалубки (из дерева), очевидно, второй этап должен быть коротким, в противном случае в бетоне могут образоваться много воздушных пор. Уменьшению пористости, в этом случае может способст-

вовать повторное вибрирование приложенное в процессе вакуумирования как без отключения вакуума, так и с отключением вакуумом. Тот или другой метод могут быть установлены опытным путем. Оптимальное количество отбираемой воды из бетона, продолжительность вакуумирования и разрежение устанавливаются предварительно опытным путем, в зависимости от состава, условий приготовления и назначения бетона.

Схема и аппаратура для лабораторной вакуумустановки

Лаборатория располагала водокольцевым насосом типа КВН-8 производительностью 0,84 $м^3$/мин. Разрежение 610 мм ртутного столба. Электродвигатель мощностью в 3 лошадиные силы. Насос лабораторного типа .

К вакуумнасосу были изготовлены 2 бачка из листового 2-х миллиметрового железа емкостью 78 литров, диаметр бачков - 400 миллиметров, высота - 600 миллиметров.

Один бачок для питания насоса оборотной водой, другой являлся рессивером и водопылеотделителем.

Коммуникация выполнена из труб диаметром 3/4 дюйма, вентилями и кранами, соединяющими вакуумнасос с бачками.

Схема лабораторной вакуумустановки приведена на рисунке № 1. Вакуумнасос (1), соединенный на одном валу с электродвигателем (2) заполняется водой одновременно с бачком (3) для питания вакуумнасоса оборотной водой и выпуска воздуха во время вакуумирования через штуцер (УП).

Водопылеосадитель (4) служит для осаждения воды и пыли, заключенных в воздухе перемещаемого по трубопроводам. Рессивер (5) предназначен для стабилизации разрежения в сети при пульсации и колебании, зависящих от различных причин.

Рессивер одновременно может служить и водопылеосадителем.

Вибростол (6), лабораторного типа оборудован электромотором - вибратором, число оборотов в минуту - 3000.

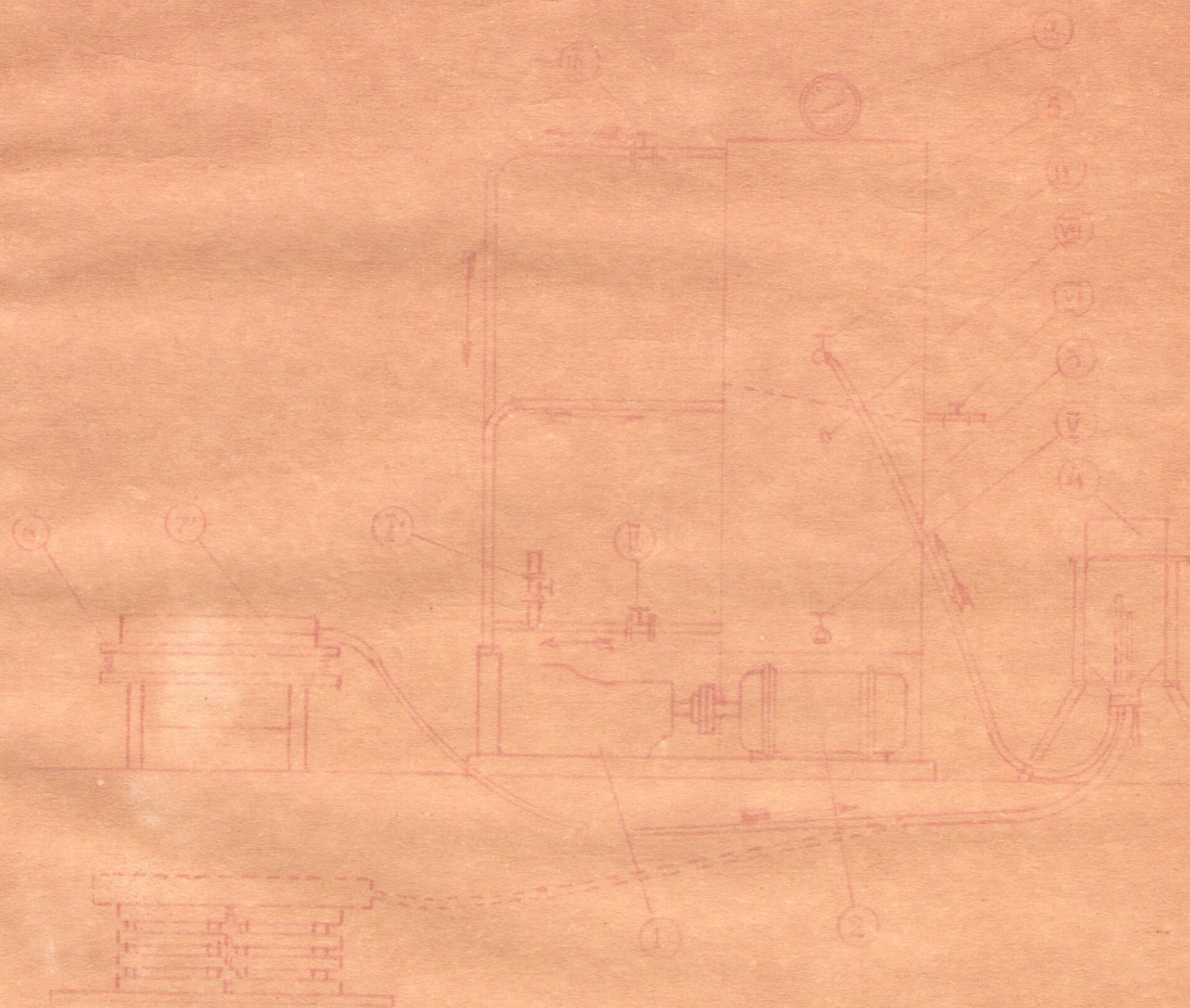


Рис № 1

Вакуумформа (7) предназначена для вакуумирования бетона. Вакуумметр (8).

Пуск вакуумустановки. По заполнении водопроводной водой вакуумнасоса и бака для питания насоса оборотной водой, закрывают вентиль (I), пробковый кран (II) оставляют открытым, включают электродвигатель и открывает вентиль (III). При этом в рессивере создается разрежение в 610 - 620 мм ртутного столба.

Вакуумформа посредством гибкого резиного шланга, диаметром 25/50 мм присоединяется к водопылеотделителю.

После вибрирования бетона включается кран (IУ). В вакуумкамере создается разрежение, вследствие чего из бетона отбирается воздух и вода.

После вакуумирования, вакуумформа совместно с бетонным изделием, находящимся под разрежением, перемещается на расположенные в стороне от вибростола рейки.

Закрывают кран (IУ), вакуумформа освобождается от бетона и снова устанавливается на вибростол. Из водопылеосадителя спускают воду и определяется количество отобранной воды. Затем такой же цикл повторяется.

Отключение вакуумустановки производится по окончании работ по вакуумированию.

Перекрывают вентиль (III), выключают электродвигатель и спускают вакуум из рессивера через вентиль (УI). Воду из бака выпускают через вентиль (У), а из насоса через нижнюю пробку. Не следует оставлять воду в насосе, так как она ведет к порче лопастей насоса.

Подбор состава бетона. При проведении опытных работ

по вакуумированию бетона были приняты материалы следующие. Цемент Норильского цементного завода доставленный в бумажных мешках, в количестве двух тонн.

В таблице № 1 приведены данные испытания цемента.

Таблица № 1

Нормальная густота раствора		Сроки схватывания		Равномерн. изменения об'ема			Помол	
чист. цемент.	раст-вора с песком	начало	конец	в парах воды	кипячением	в воде	остат. на сите 900	прошло через сита 4900
25,0	10,45	3-45	5-45	исп. выд.	исп. выд.	исп. выд.	0,02	91,34

Продолжение таблицы

Механическая прочность					
сопротивление разрыву в кг/см^2			сопротивл. сжатию кг/см^2		
на срок					
3 дня	7 дней	28 дней	3 дня	7 дней	28 дней
18,3	22,3	27,9	146	230	345

Химический анализ цемента

ППП	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	SO_3
3,70	19,80	4,48	4,62	63,10	2,17	1,57

Песок из местного карьера "Озера Тискень". Данные испытаний приводятся в таблице № 2. (см. сл. стр.)

Таблица № 2

Таблица № 2

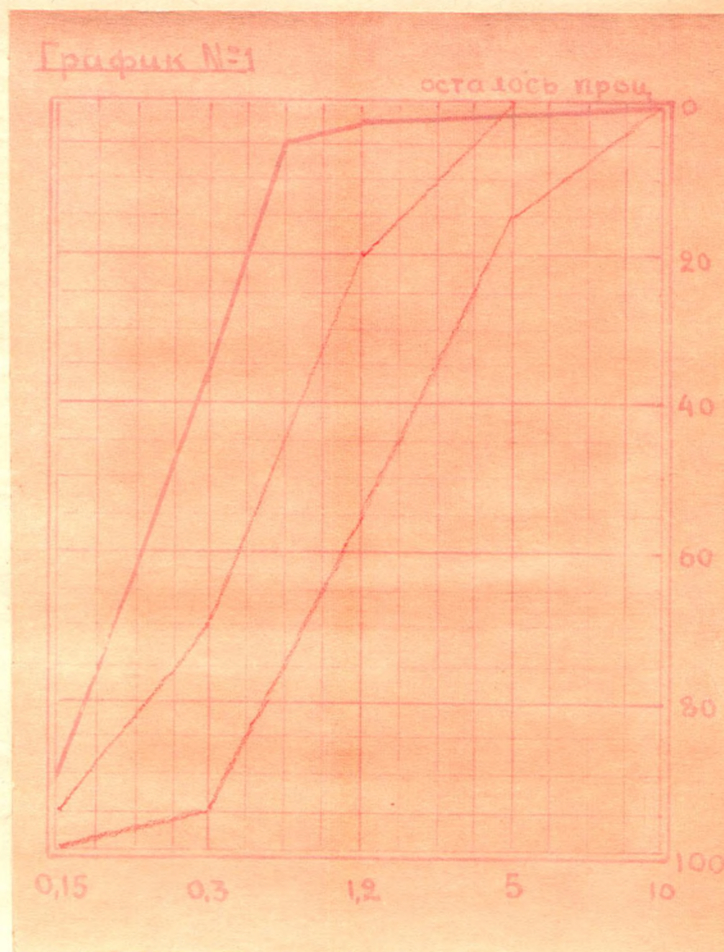
Ситовой анализ					
остаток на ситах в процентах					
5	2,5	1,2	0,6	0,3	0,15
в миллиметрах					
0,21	0,46	1,11	3,38	31,0	54,5

Продолжение таблицы

Прошло через сито 0,15	Об'емный вес	Удельный вес	Об'ем пустот	Модуль крупности	Процент загрязнен.		
					общий	глина	органика
9,34	1,49	2,50	40,4	1,34	0,82	Нет	Нет

На графике № 1 Абрамса приведены кривые гранулометрического состава песка.

Границы оптимального состава песка Абрамса кривая по данным просеивания.

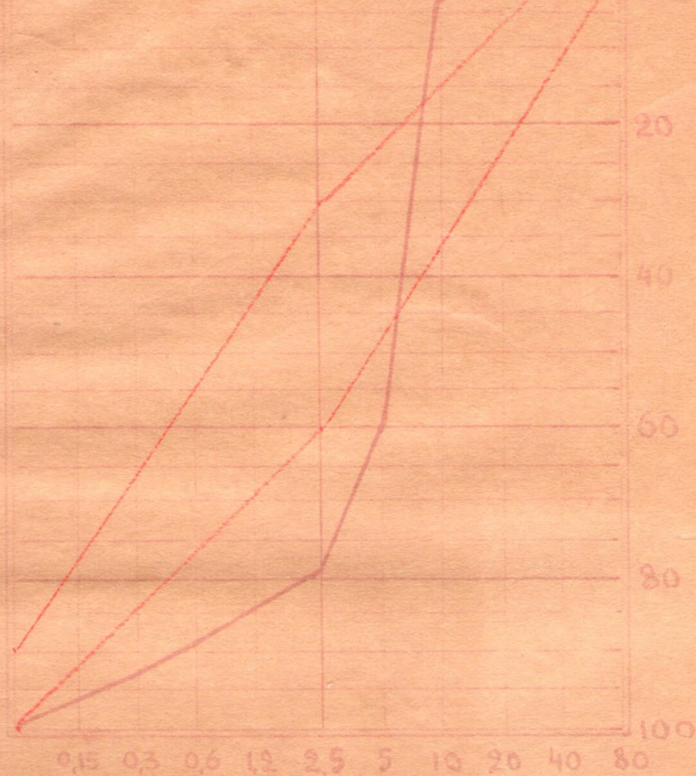


Щебень диабазовый. Данные испытания приводятся

в таблице № 3

Таблица № 3

Ситовой анализ. Остаток на ситах в процентах (в миллиметрах): 80	40	20	10	5	2,5	1,2	0,6	0,3	0,15	прошл. через сито 0,15	Об'емный вес	Удельный вес	Об'ем пустот	Модуль крупности	Процент загр.: общий	Процент загр.: глина	Процент загр.: орган
-	-	-	3,8	56,4	17,4	5,02	5,10	4,64	3,64	4,0	1,48	2,69	45,00	5,0	2,10	Следы	А



11-2

На графике № 2 Абрамса приведена кривая гранулометрического состава щебня.

границы оптимального состава щебня Абрамса.

кривая по данным просеивания.

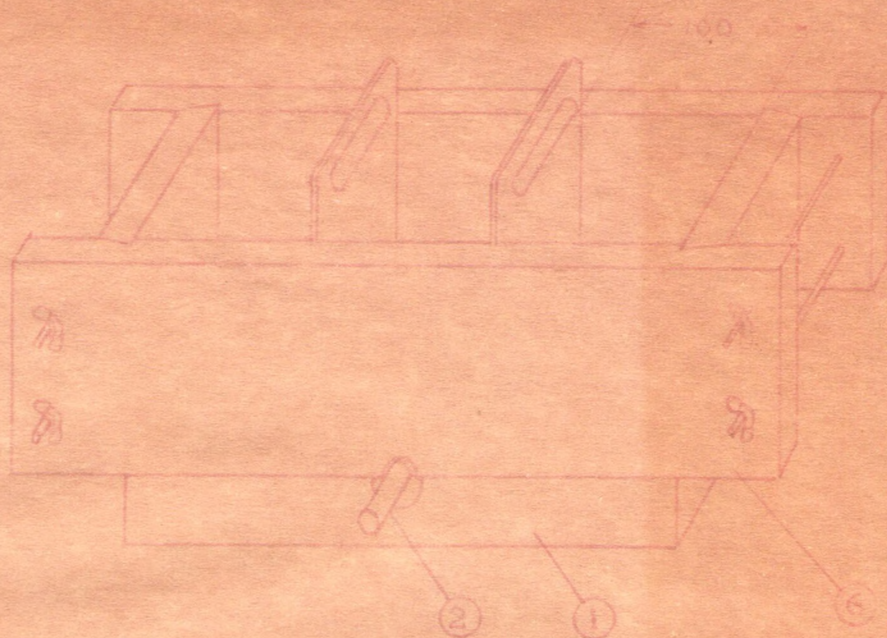
Подбор состава бетона производился по общепринятому методу - по заданному расходу цемента на 1 $м^3$ бетона к водоцементному отношению.

Расчет соотношения заполнителей - песок и щебень производился в зависимости от их гранулометрического состава. В основном песок к сумме заполнителей по весу составлял 36%. Подвижность бетона определялась осадкой конуса Абрамса. При проведении опытов применялся бетон с осадкой конуса 3-5 см. Приготовление бетона производилось вручную, на железном бойке.

Работы по вакуумированию производились с бетонными кубиками, размерами 10 х 10 х 10 см.

На рис. № 2 показана разборная форма для изготовления образцов бетонных кубиков, обрабатываемых вакуумом.

12-1



Поперечный разрез

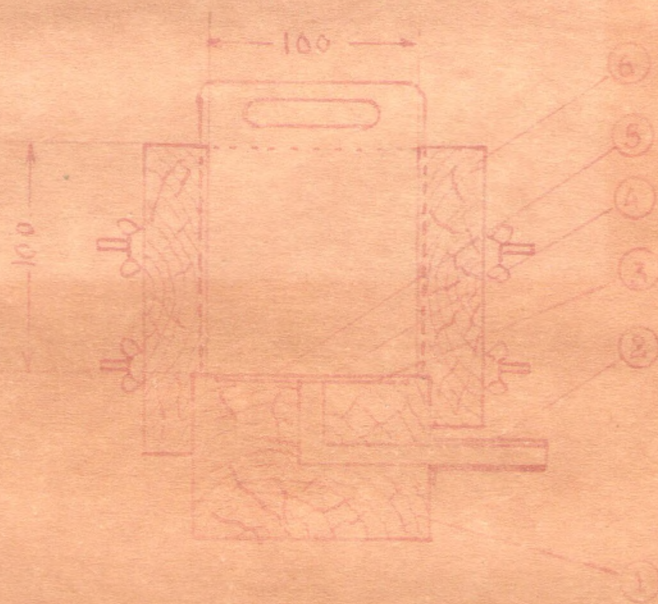


Рис. № 2

Деревянный брусок (I) в центре имеет отверстие для отбора воздуха и воды по железной трубке (2) диаметром 18/28 мм. Для образования вакуумполости, верхняя площадь бруска углублена на 3 миллиметра с оставлением бортика по всему периметру.

Вакуумполость образована двумя металлическими сетками с отверстиями 5 х 5 миллиметров (3) и I х I миллиметр (4) и покрыта фильтровальным полотном (5).

На вакуумформу ~~по~~надставляется разборная форма (6), по размерам образцов бетонных кубиков.

Связанность в свежем вакуумбетоне. Образцы бетонных кубиков 10 х 10 х 10 см были изготовлены из пластичного бетона состава 1 : 2,23 : 4,5, с расходом цемента 280 кг на 1 м^3 бетона при $\frac{В}{Ц}$ = 0,7 с осадкой конуса 3 см. Кубики с бетоном вибрировались 30 и 45 секунд, после чего подвергались воздействию разрежения в 530 мм ртутного столба в течение 10 минут. После вакуумирования, образцы освобождались от опалубки и хранились в комнатных условиях. Свежий вакуумбетон испытывался на кажущуюся прочность на сжатие в возрасте 0,2, 4 часов. Данные механических испытаний приведены в таблице № 4.

Таблица № 4

Время вибрирования в секунд.	Время вакуумирования в мин.	Разреж. в мм ртутного столба	Условн. остаточный В/Ц	Возраст в часах: 0	2	4
				временное сопротивление сжатию в кг/см^2		
30	10	530	0,546	0,6	2,0	4,1
45	10	530	0,546	0,8	2,8	4,6

Процессы, происходящие в бетоне во время вакуумирований сводятся к следующему. В результате отсасывания воды и некоторого прессования бетона - вода в бетоне перемешивается с большим количеством воздушных пузырьков, а сближение цементных частиц, благодаря разрежению в водной среде вызывает образование значительных сил межчастичного притяжения. Кроме того смачиваемость частиц в разреженном пространстве ускоряются. Вследствие увеличения смоченной поверхности и уменьшения промежутков между частицами цемента, процессы гидратации цемента, гелеобразования и перекристаллизации $Ca(OH)_2$ ускоряются.

Эти обстоятельства обуславливают возникновение связанности в свежем вакуумбетоне, которая выражается в значительной жесткости бетона и сохранении приданной ему формы.

Наши опыты (см. табл. № 1) показали, что свежевакуумированный бетон не только сохраняет приданную ему форму, но имеет первоначальную кажущуюся прочность на сжатие от 0,6 до 0,8 кг/см^2.

Эти свойства весьма существенны для производства различных бетонных изделий, так как позволяют в некоторых случаях немедленно после вакуумирования освобождать бетон от опалубки.

Влияния вакуумирования на динамику высыхания бетона

Для выявления влияния вакуумирования на динамику высыхания бетона - произведены следующие опыты. Было изготовлено 6 кубиков размером 10 х 10 х 10 см из пластичного бетона состава 1:2,06:4,06 с расходом цемента 300 кг на 1 м^3 при $\frac{В}{Ц}$ = 0,7 с осадкой конуса 8 см.

Формы с бетоном вибрировались 45 секунд, после чего три кубика были обработаны вакуумированием при разрежении 540 мм ртутного столба в течение 10 минут, остальные три кубика не вакуумировались.

Через сутки все 6 кубиков были вынуты из форм и хранились в помещении в течение 2-х месяцев при температуре 20-25°С. Периодически кубики взвешивали и по потере веса определяли условное остаточное количество воды в образцах. В таблице № 5 приведены результаты испытаний.

(см. сл. стр.) Таблица № 5

Опыты показали, что невакуумированный бетон отдает воду быстрее вакуумированного, однако, среднее содержание

Таблица № 5

Метод обработки бетона		Возраст в сутках					
		0	3	5	14	28	64
		условный остаточный водный фактор					
Вакууми-		0,586	0,462	0,452	0,438	0,424	0,332
рован-		0,586	0,458	0,447	0,436	0,417	0,341
ные		0,586	0,483	0,430	0,406	0,382	0,338
Невакууми-		0,7	0,562	0,551	0,438	0,403	0,368
рован-		0,7	0,581	0,590	0,495	0,445	0,417
ные		0,7	0,574	0,568	0,475	0,436	0,410

воды в образцах из невакуумированного бетона оказалось несколько большим. Следовательно, вакуумированный бетон нуждается в поливке водой при твердении в большей степени, чем обычный невакуумированный бетон.

Физико-химическая характеристика раствора отсасываемого из бетона.

В процессе вакуумирования из бетона отбирается вода, которая увлекает с собой некоторое количество твердых частиц, повидимому, в основном состоящих из наиболее тонко дисперсных частиц песка, пыли и небольшого количества частиц цемента.

Осадок, полученный из отсосанной воды при вакуумировании бетона не схватывается и легко разминается между пальцами несмотря на несколько месяцев его хранения.

Осадок образующийся в трубопроводах и водопылеосадителе имеет слоистую структуру и имеет вид накипи.

Этот осадок образуется от выпадения частиц из уносимого водного раствора.

В таблице № 6 приведены данные химического анализа осадка.

Таблица № 6

Место взятия пробы	Содержание в процент.							
	ППП	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	SO_3	
Сух.ост.в отсос.воде	20,9	20,0	3,04	5,36	42,72	1,99	6,48	100,7
Осадок в трубопров.	12,90	22,15	4,64	6,66	49,80	2,38	1,30	99,83

Данные химического анализа осадков не дают основание утверждать, что некоторая часть цементных частиц не проходят через фильтровальную ткань. Очевидно, что тонко дисперсные частицы цемента, в виде цементного молока проходят через фильтры и увлекаются в сеть вакуумустановки.

В таблице № 7 приведены данные об относительном весе осадка в водном растворе при вакуумировании.

Таблица № 7

Количество осадка	
в граммах на 1 $м^3$ бетона	в граммах на 1 т цем.
600	2000

При высыхании остатков воды в трубопроводах и в водопылеосадителе - на станках образуется налет.

Практика показала, что при длительной эксплоатации вакуумустановки, в трубопроводах скопляется значительное количество отложений, которые закупоривают живое сечение трубопровода. Закупорка обнаруживается по вакуумметру и отсутствию фильтрации воздуха через бетон. С целью предупреждения закупорки трубопроводов отложениями, нужно ежедневно после окончания работ по вакуумированию промывать

трубы водой и периодически чистить водопылеосадитель.

Плотность вакуумбетона. Как показали опыты, механическая прочность вакуумированного бетона в любой момент времени выше невакуумированного бетона, изготовленного и твердеющего в одинаковых условиях. Одним из важнейших факторов повышения механической прочности бетона - является дополнительное уплотнение вибрированного бетона во время вакуумирования. Если уплотнения бетона при помощи вакуума не произойдет, то применение вакуума будет по крайней мере бесполезным.

Представление о плотности вакуумированного и невакуумированного бетона были получены косвенным путем по данным определений водопоглощения и об'емного веса.

В опытах применялся песок местного карьера "Озера Тискель" и щебень - диабазовый. В таблице № 8 приведены данные испытаний в лаборатории.

Таблица № 8

Материал	Ситовой анализ										
	Остаток на ситах в процентах										Прош через сито 0,15
	80	40	20	10	5	2,5	1,2	0,6	0,3	0,15	
Песок	-	-	-	-	-	1,2	3,1	6,7	35,5	44,0	9,5
Щебень	-	-	-	50,0	40,0	5,0	1,2	0,6	1,9	0,5	0,8

Об'емный вес	Удельный вес	Об'ем пустот	Модуль крупности	Процент загрязненности			
				общий	глина	орган.	
1,57	2,63	40,0	1,53	1,9	Следы	А	-
1,45	2,67	45,6	6,25	Нет	Нет	Нет	-

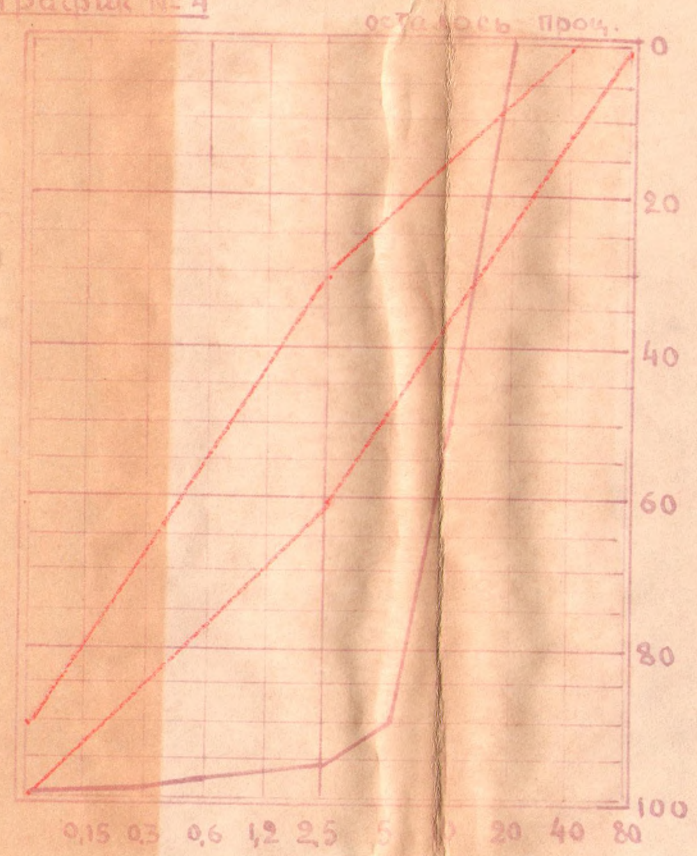
График №3

осталось проц.

0
20
40
60
80
100

0,15 0,3 1,2 5 10

18-1



На графиках №№ 3, 4 Абрамсона приведены кривые гранулометрического состава песка и щебня.

Границы оптимального состава песка Абрамса.

Кривая по данным анализа просеивания песка.

Границы оптимального состава щебня Абрамса.

Кривая по данным анализа просеивания щебня.

12 образцов бетонных кубиков размером 10 х 10 х 10см были изготовлены на цементе с расходом 300 кг на 1 $м^3$ бетона при $\frac{В}{Ц}$ = 0,7 с осадкой конуса 4 см.

Формы с бетоном вибрировались 45 секунд, после чего 6 кубиков были обработаны под вакуумом при разрежении 530 мм ртутного столба в течение 10 минут. Остальные 6 ку-

биков не вакуумировались. Бетонные кубики высушивались при Т - 110°С до постоянного веса, затем насыщались водой при кипячении в течение 4-х часов и определялся об'емный вес.

В таблице № 9 приведены средние данные водопоглощения и кажущейся плотности вакуумированного и невакуумированного бетонов.

Таблица № 9

Метод обработки бетона	Вес в граммах			Водопоглощ. в % от веса	Кажущаяся плот.	Относ. плотность в %
	высуш. образца	образ. насыщ. водой	образ. погр. в воду			
Вибрирован.невакуум.	2363	2558	1019	8,7	86,2	100,0
Вакуумированные......	2270	2468	986	7,9	87,8	101,8

Из приведенных данных видно, что плотность вакуумбетона выше невакуумированного бетона.

Однако следует упомянуть, что полученные данные о плотности вакуумированного бетона могли оказаться несколько ниже действительной его плотности в изделии. Такое предположение об'ясняется тем, что опыты производились с кубиками высотой в 10 см и трение бетона о стенки кубиковой формы могло препятствовать полной осадке бетона в процессе вакуумирования.

Интерес представляет механическая прочность этих бетонных кубиков (прошедших испытание на плотность и хранившиеся после испытаний в комнатных условиях при Т° = 20°С в течение 3-х дней).

Невакуумированные кубики - прочность на сжатие - 77 кг/см². Вакуумированные кубики - прочность на сжатие - 137 кг/см². Таким образом, преимущество вакуумбетона сохранилось.

20-1

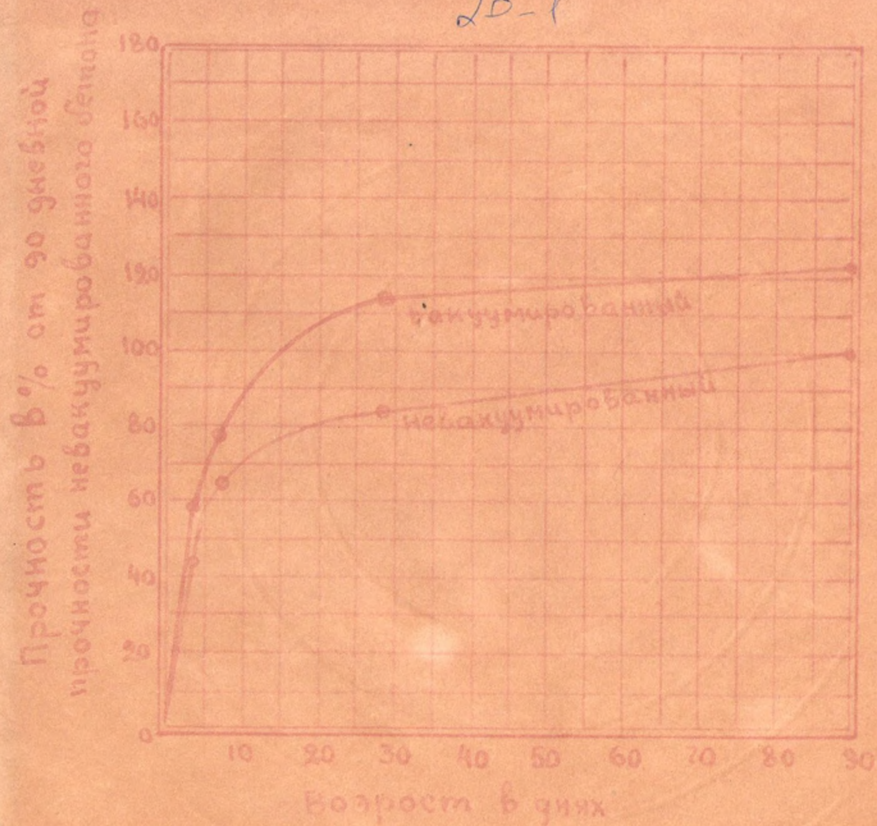

Прочность в % от 90 дневной
прочности невакуумированного бетона
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
вакуумированный
невакуумированный
10
20
30
40
50
60
70
80
90
Возраст в днях

Рис. №3

<u>Прочность вакуумбетона.</u> Опытные работы сводились к изготовлению образцов вакуумированных и контрольных невакуумированных бетонных кубиков.

Затем производилось испытание и наблюдение по нарастанию механической прочности вакуумбетона по сравнению виброботоном (не вакуумированным).

В таблице № 10 приведены сравнительные данные механического испытания вакуумированных и контрольных вибрированных (не вакуумированных) кубиков хранившихся при нормальных условиях.

Таблица № 10

Метод обработки бетона	Время вибрирован. в секунд.	Время вакуумиров. в минутах	Разрежение в мм ртут. столба	Отсас. воды в % от затвор.	Временное сопротивление сжатию в кг/см²			
					возраст в днях			
					3	7	28	90
Вибриров. (невакуум.)	30	-	-	-	84	119	158	189
Вакуумир.	30	10	520	20,1	109	147	218	231

Примечание : бетон состава 1:2,06:4,06, расход цемента 300 кг на 1 м³ бетона при $\frac{В}{Ц}$ = 0,7 с осадкой конуса 4,5 см. Заполнители песок и щебенка употреблены такого же ситового состава, как и в предыдущих опытах.

На рис. № 3 наглядно показаны кривые роста прочности вакуумированных и контрольных невакуумированных образцов за 100% принята прочность невакуумированных контрольных образцов в 90 дневном возрасте.

Влияние пропаривания на свойства вакуумбетона.

В другой серии опытов определялось влияние продолжительности пропаривания на свойства вакуумбетона.

Эффект пропаривания бетона, как известно, состоит в быстром нарастании механической прочности. Обычно вибрированные изделия (ребристые плиты и др.) для достижения 70% месячной прочности требуют 36 часов пропаривания при температуре 70°С.

Особые свойства вакуумбетона, и прежде всего, его связанность в начальном возрасте создают наилучшие условия, способствующие использованию воздействия пропаривания.

Связанность вакуумбетона в начальном возрасте, отсутствие опалубки и общее уменьшение содержания воды, все это ускоряет прогревание всего массива бетона.

В таблице № 11 приведены сравнительные данные механического испытания вакуумированных и невакуумированных образцов, пропаренных в течение 12 и 40 часов. Таблица №11

Метод обработки бетона	Время вибрирован. в секундах.	Время вакуумирования в минутах	Разрежение в мм ртутного столба	Отс. вода в % от воды затворения	Времен. сопр. сжатию в кг/см² после проп. и 6-часового остывания	
					12 ч.	40 ч.
Невакуумированные....	45	-	-	-	61	88
Вакуумированные......	45	15	520	23,7	103	136

П р и м е ч а н и е : бетон состава 1:2,06:4,06,расход цемента 300 кг на 1 м^3 бетона при $\frac{В}{Ц}$ = 0,76 с осадкой конуса 4 см.

На рис. № 4 для наглядности показаны кривые роста прочности вакуумированных и невакуумированных образцов в зависимости от времени пропаривания.

(За 100% принята прочность невакуумированных образцов после 40 часовой пропарки).

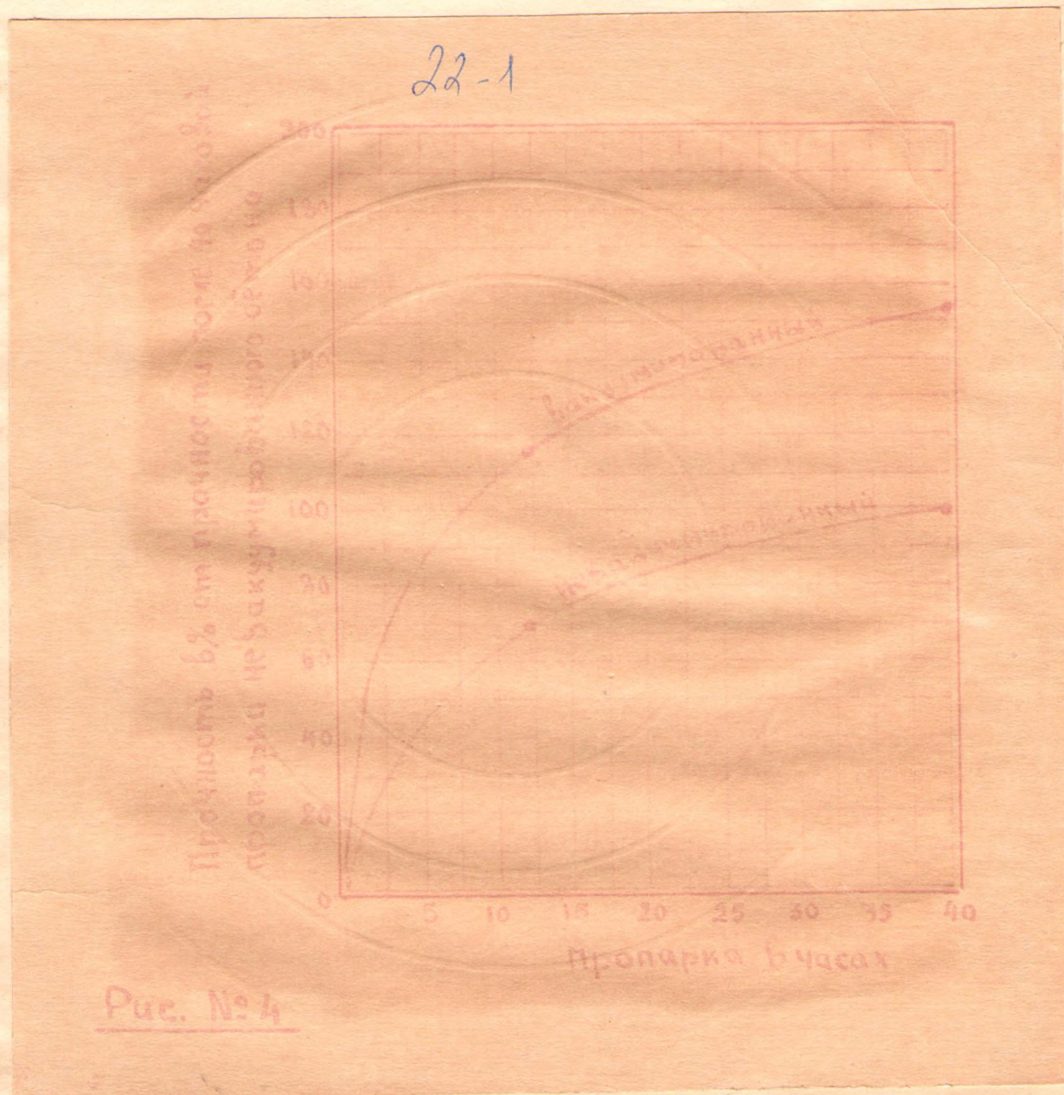


Рис. №4

В таблице № 12 приведены сравнительные данные механического испытания вакуумированных и невакуумированных образцов, оставленные на длительное хранение после 12-часовой пропарки при температуре -80°С.

Таблица № 12

Методика обработки бетона	Время вибр. в сек.	Время вакуумир. в мин.	Разреж. в мм рт. столба	Отс. вода в % от воды затв.	Временное сопротивление скатию в кг/см²				
					Возраст в днях				
					7	28	60	90	180
Невакуумир.	45	-	-	-	80	120	159	210	-
Вакуумиров.	45	15	520	23,7	158	198	221	236	-

Примечание: состав бетона такой же, как и в предыдущих опытах.

На рис. № 5 показаны кривые роста прочности вакуумированных и невакуумированных образцов.

(За 100% принята прочность невакуумированных контрольных образцов в 90 дневном возрасте).

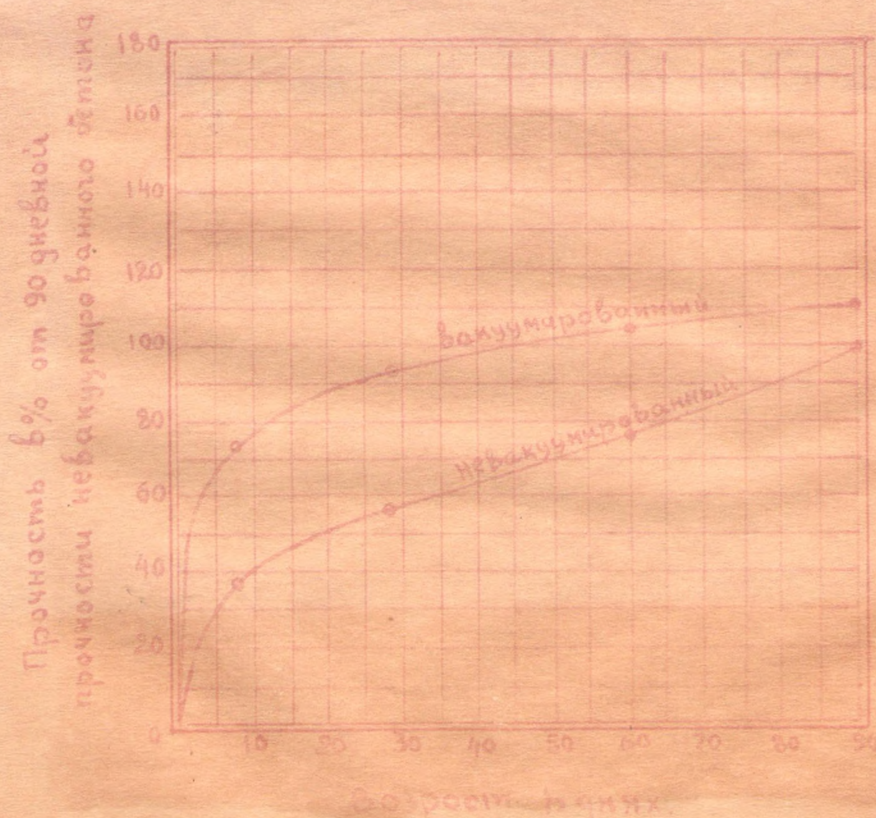


Рис. №5

23-1

Из рис. № 5 видно, что прочность вакуумированного бетона в 7 дневном возрасте, примерно, вдвое превосходит прочность невакуумированного бетона, а в 28-дневном возрасте вакуумбетон почти равен прочности 90-дневному невакуумированному бетону.

Однако, в 90-дневном возрасте вакуумированный бетон в сравнении с невакуумированным превосходит по прочности только на 12%.

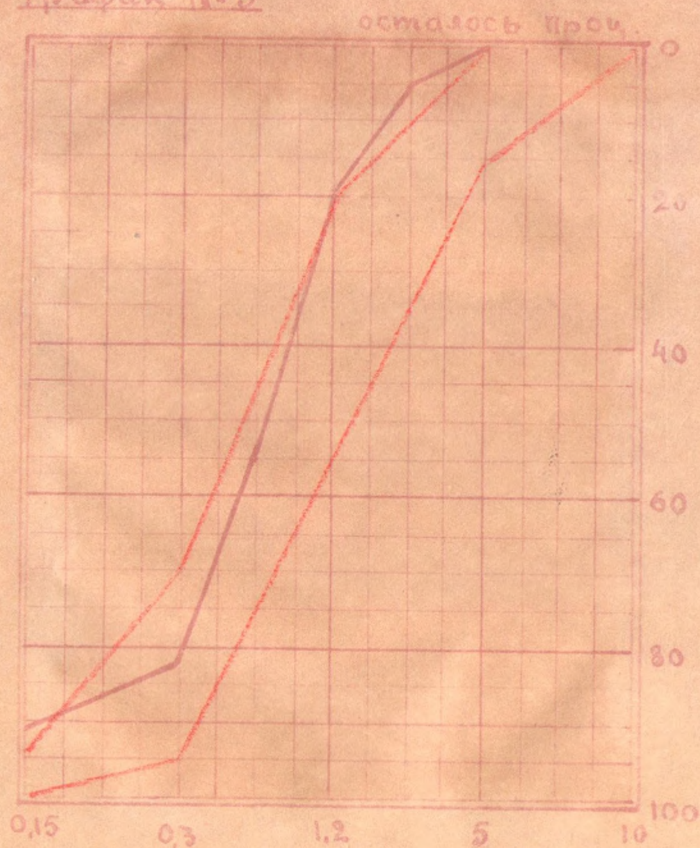
Продолжительность выдерживания вакуумбетона до пропаривания.

Важное значение имеет влияние продолжительности выдерживание вакуумированного бетона в помещении или в камерах перед пропариванием. Опыты показали, что вакуумбетон, пропаренный немедленно после вакуумирования разрушается если пропаривание ведется без опалубки.

Вакуумированные бетонные плитки размером 33 х 33 х х 3 см сложенные в стопу с прокладками, так что края плиток оставались на весу, пропаривались в течение 15 часов при температуре 80°С.

После пропаривания в плитках, загруженных в камеру в возрасте до 1 часа, края провалились; в возрасте до 2 часов - края прогнулись; в возрасте - 3 часов - прогиб не наблюдался.

Таким образом, опыты показали, что распалубленный вакуумбетон можно пропаривать, через 2-3 часа после вакуумирования. В наших опытах режим пропаривания устанавливался следующий: под'ем температуры 2 часа, пропаривания 8 часов при температуре -80°С и охлаждение 2 часа. Образцы, после вакуумирования, выдерживались в помещении 3 ча-


График №5
осталось проц.
0
20
40
60
80
100
0,15
0,3
1,2
5
10

25·1


График №6
осталось проц.
0
20
40
60
80
100
0,15
0,3
0,6
1,2
2,5
10
20
40
80

са при температуре - 20-25°С. При этом применялся цемент м марки 300 и со сроками начала схватывания - 3 часа 45 минут. Поэтому следует учитывать марку цемента и сроки схватывания при установлении времени выдерживания свеже - вакуумированного бетона.

Влияние дополнительного вибрирования и вакуумирования на прочность бетона.

Данные о благоприятном влиянии двухкратного вибрирования и вакуумирования (повторного) приведены в табл. 14.

В опытах применялся песок местного карьера "Озера Тискель" и щебень - диабазовый в таблице № 13 приведены данные испытаний в лаборатории. (Табл. № 13 см.сл.стр.).

На графиках №№ 5, 6 Абрамса приведены кривые гранулометрического состава песка и щебня.

Таблица № 13

Материал	Ситовой анализ — Остаток на ситах в процентах											Об'емный вес	Уд. вес	Об'ем пустот	Модуль крупности	Процент загрязненности		
	80	40	20	10	5	2,5	1,2	0,6	0,3	0,15	Прош. чер. с.0,15					общий	глина	органика
Песок	-	-	-	-	-	5,7	14,0	34,8	27,4	10,0	8,1	1,67	2,75	39,2	2,53	0,78	0,75	А
Щебень	-	-	-	41,15	31,72	3,7	10,2	5,8	1,38	1,62	4,43	1,58	2,7	41,5	5,59	Нет	Нет	Нет

Границы оптимального состава песка Абрамса.

Кривая по данным анализа просеивания песка.

Границы оптимального состава щебня Абрамса.

Кривая по данным анализа просеивания щебня.

Состав бетона 1:2,5:4,5 с расходом цемента 300 кг на 1 $м^3$ бетона при $\frac{В}{Ц} = 0,7$, с осадкой конуса 4 см. Размеры образцов 10 х 10 х 10 см.

Бетон в формах вибрировался в течение 45 секунд. Вакуумирование выполнялось при помощи вакуумформы с отсосом снизу при разрежении 540 мм ртутного столба. В процессе вакуумирования осуществлялось повторное вибрирование в течение 15 секунд, без отключения вакуума и с отключением вакуума. Одновременно были изготовлены вибрированные (не вакуумированные) контрольные образцы на том же бетоне.

У вакуумированных образцов опалубка снималась немедленно после вакуумирования, у вибрированных (не вакуумированных) через сутки. Все образцы вакуумированные и не вакуумированные до 7-дневного возраста хранились при нормальных условиях твердения.

Таблица № 14

Прод. вакуумирования в минутах	Отсос воды в % от воды затв.	Продолжит. повторного вибрирован. в секунд.	Продолжит. повторного вакумир. в минутах	Дополнит. отсос воды в %	Общий отсос воды в %	Прочность бетона в кг/см² вакуумирования	Прочность бетона в кг/см² вибрирования	Примечание	вакуумир… не вакуумир…
5	12,0	-	-	-	12,0	127	120	-	106
5	12,0	15	5	2,5	14,5	138	120	Вакуум отключ.	115
5	12,0	15	5	2,5	14,5	151	120	Б/откл. вакуум.	125
10	16,0	-	-	-	16,0	147	120	-"-	122
10	16,0	15	10	6,5	23,7	204	120	-"-	170
15	17,4	15	-	-	17,4	150	120	Вакуум откл.	125

Для наглядности на рис. № 6 приведены кривые, показывающие рост прочности вакуумбетона в зависимости от введения повторного вибрирования и вакуумирования, приложенное в процессе вакуумирования.

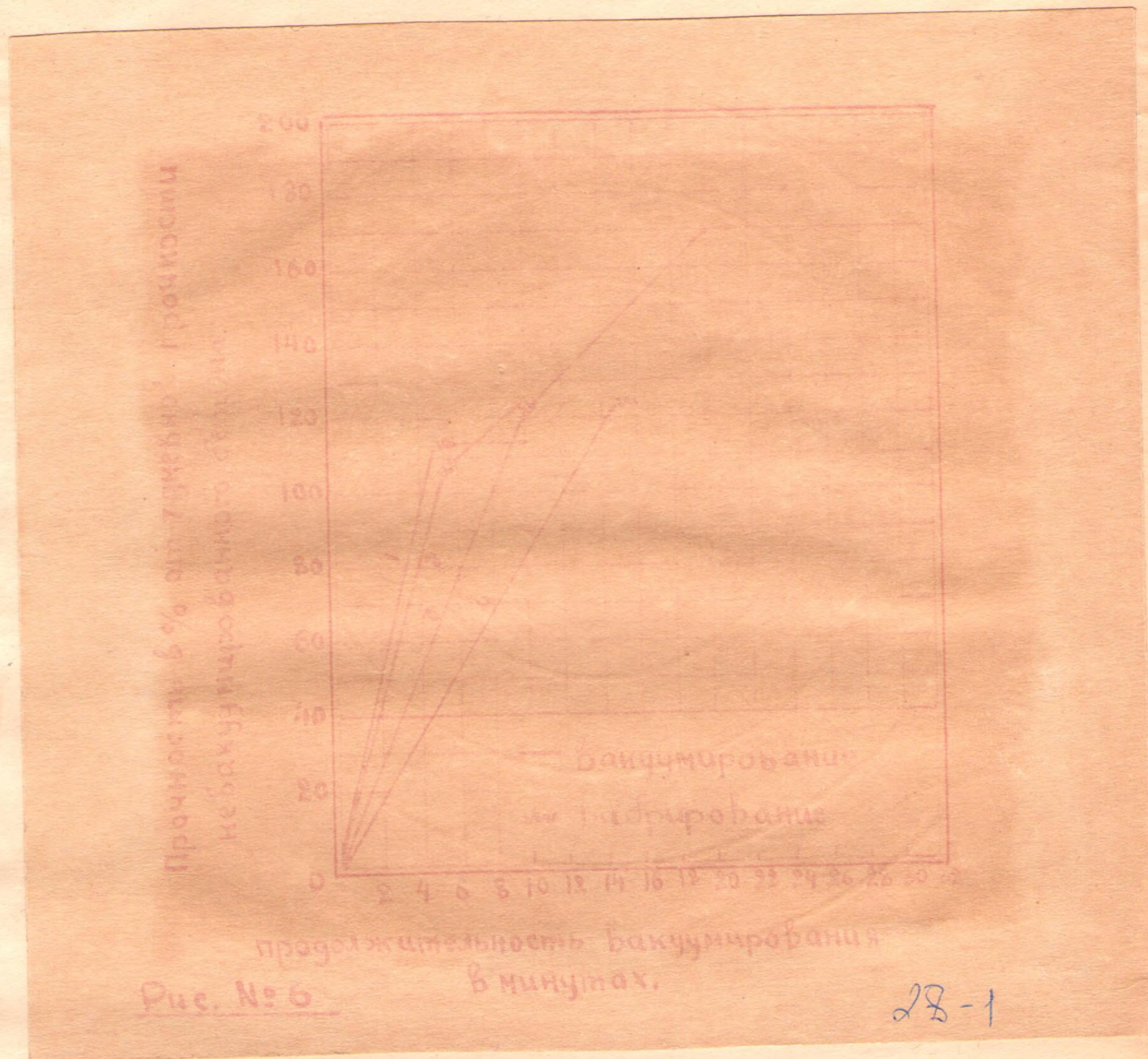


Рис. № 6

Кривая I вакуумирования 5 минут, повторное вибрирование 15 секунд без вакуума и дополнительное вакуумирование 5 минут.

Кривая 2 вакуумирование 5 минут, повторное вибрирование 15 секунд без отключения вакуума и продолжение вакуумирования до 10 минут.

Кривая 3 вакуумирования 10 минут, повторное вибрирование 15 секунд без отключения вакуума и продолжение ва-

куумирования до 20 минут.

Кривая 4 вакуумирование 15 минут, повторное вибрирование 15 секунд без вакуума.

Многократные опыты показали, что повторное вибрирование, приложенное в процессе вакуумирования увеличивает прочность бетона.

Повторное вибрирование, приложенное после процесса вакуумирования, очевидно, не дает значительного эффакта.

Отбор воды в процессе вакуумирования начинается со слоев бетона лежащих ближе к вакуумкамере. Это хорошо наблюдается на образцах (размеры кубиков 10 х 10 х 10 см).

После пятиминутного вакуумирования, верхняя треть кубика еще не полностью вовлечена в процесс вакуумирования и содержит значительное количество воды, при повторном вибрировании и вакуумировании, вода по капилярам в бетоне просачивается в сторону вакуумкамеры и более или менее равномерно распределяется в бетоне, часть воды при этом дополнительно отбирается.

Все это ведет к дополнительному уплотнению бетона и повышению его механической прочности. В

Влияние остаточного $\frac{В}{Ц}$ на прочность бетона.

Изучение влияния количества отобранной воды на прочность бетона является весьма важным фактором в производстве вакуумирования бетона.

С этой целью были изготовлены образцы бетонных кубиков размером 10 х 10 х 10 см.

Состав бетона 1:2,04:3,62 с расходом цемента 360 кг на 1 $м^3$ бетона при $\frac{В}{Ц}$ = 0,6 с осадкой конуса 3 см (ситовой анализ песка и щебня, см. стр. 29, ст табл. № 13).

Бетонные кубики в вакуумформе вибрировались в течение 45 секунд, после чего вакуумирования производилось при разрежении 520 мм ртутного столба.

После вакуумирования образцы бетонных кубиков без опалубки выдерживались в помещении 8 часа при температуре 20°С. Затем пропаривались 12 часов при температуре 80°С, включая 2 часа на под'ем температуры и 2 часа на снижение температуры.

В таблице № 15 приведены данные механического испытания образцов на сжатие в 7 дневном возрасте, включая 12 часов пропаривания.

Таблица № 15

№ опыта	Время вакуумирования в минут.	Остаточное В / Ц	Отсосанная вода в % от воды затвор.	Прочность бетона в $кг/см^2$
1	5	0,530	11,7	158
2.........................	8	0,510	14,8	176
3.........................	10	0,500	16,8	175
4.........................	12	0,486	18,8	177
5.........................	15	0,480	20,0	192

На рис. № 7 показаны кривые, показывающие рост прочности вакуумбетона в зависимости от остаточного В:Ц в бетоне.

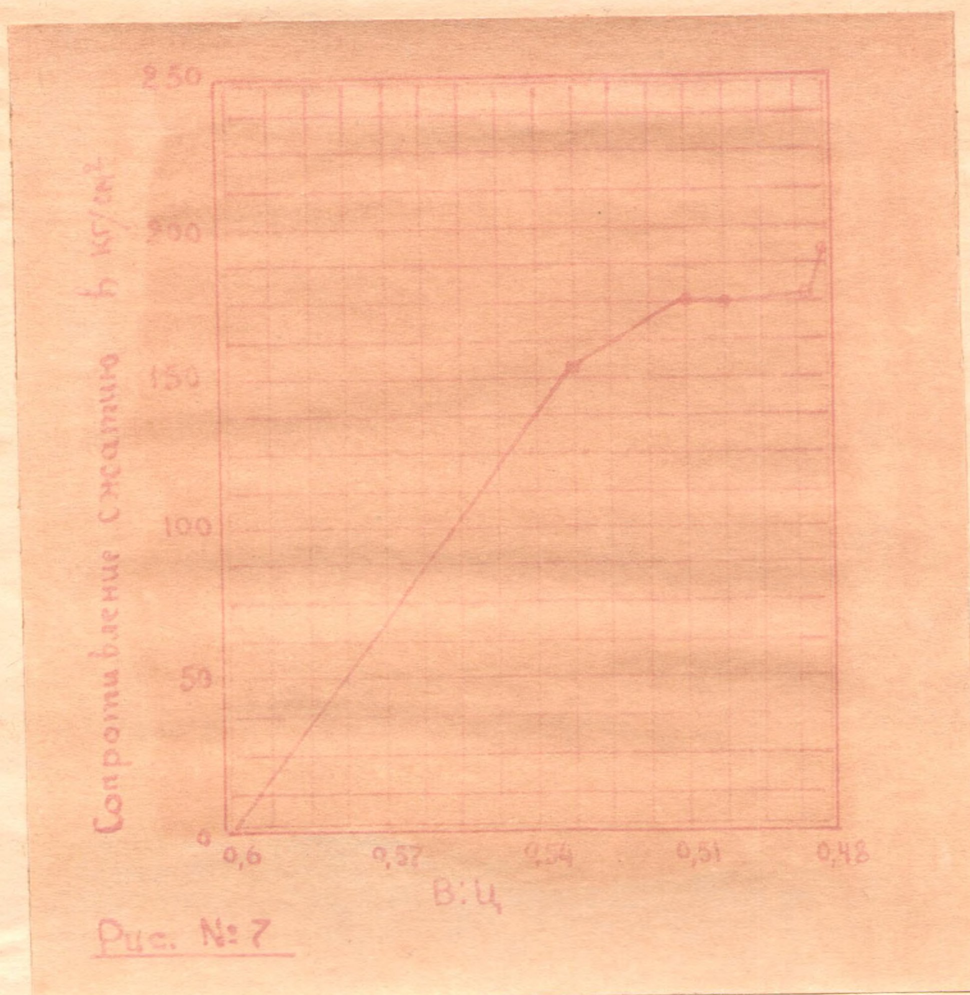
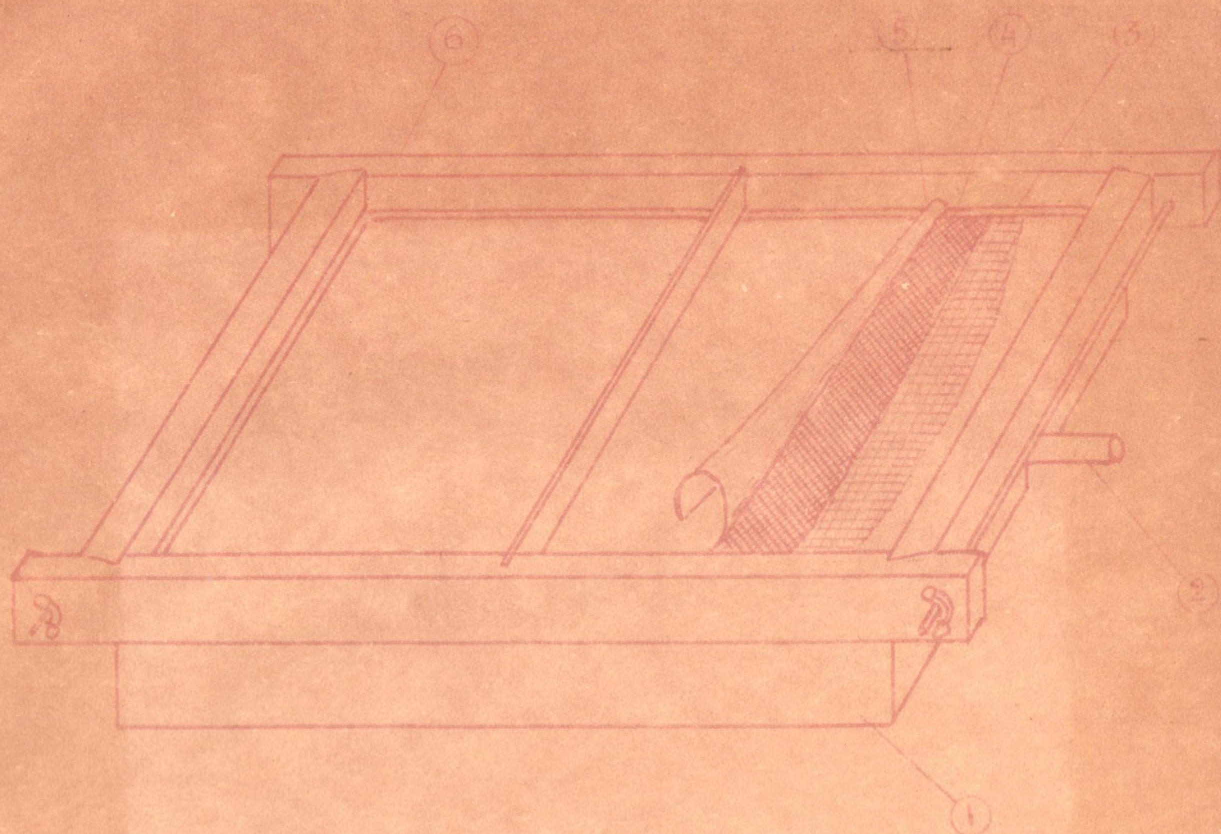


Рис. №: 7

При дальнейшем продолжении вакуумирования интенсивность отсасывания воды резко снижается. В то же время, несмотря на продолжающийся отсос воды, уплотнение бетона прекращается или происходит в размерах, не оправдывающих эффекта, получаемого от удлинений процесса вакуумирования.

В другой серии опытов вакуумирование бетона выполнялось при помощи вакуумформы размером 33 х 33 х 3 см.

На рис. № 8 показана конструкция вакуумформы для вакуумирования плоских бетонных плиток.



Продольный разрез.

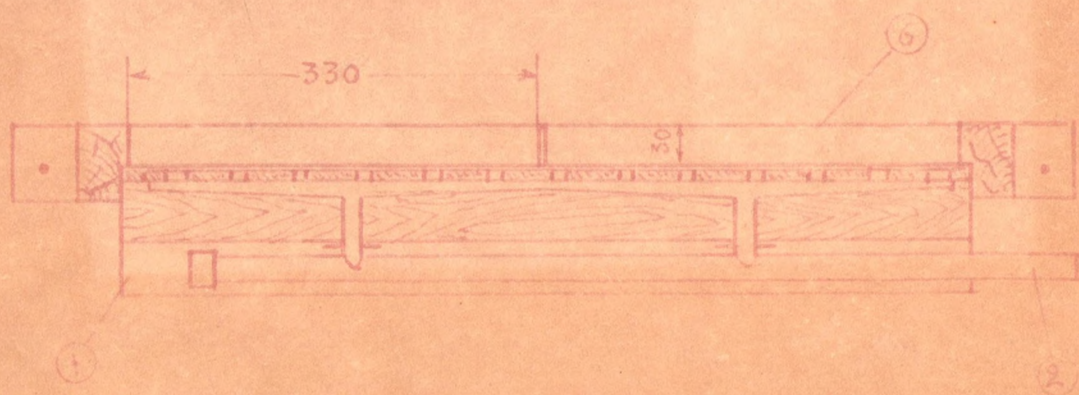
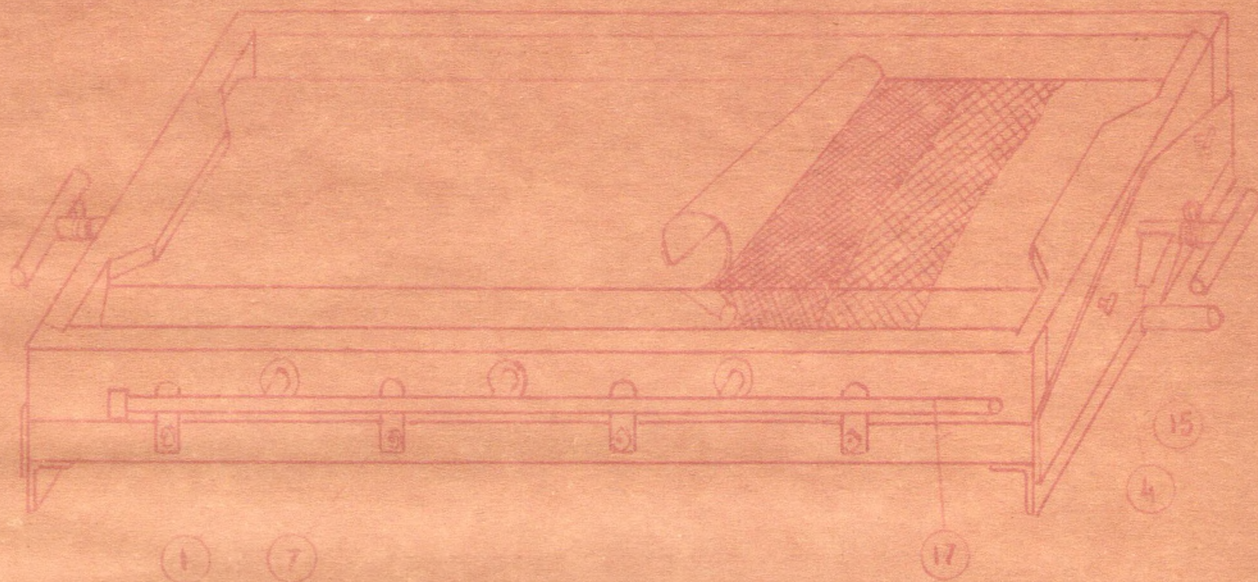


Рис. № 8

Основание изготовлено из деревянных брусков (1), стянутых на столярном клее болтами.

Два отверстия из вакуумполости присоединены к железному коллектору (2) для отбора воды и воздуха во время



Поперечный разрез

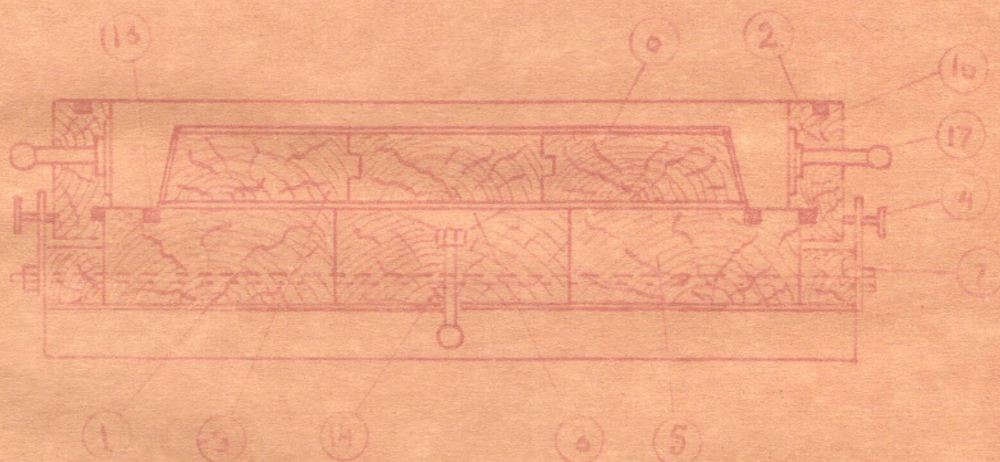


Рис №11

32-1

вакуумирования. Вакуумкамера образуется при помощи обтянутого двумя сетками (3, 4) и фильтровальным полотном (5) прорезанного деревянного сердечника, укрепленного к основанию на резиновой прокладке. На вакуумкамеру надставляется деревянная рамка (6).

Образцы вакуумбетонных плиток размером 33 х 33 х х 3 см были изготовлены из пластичного бетона состава I : 2,05 : 4,06 с расходом цемента 300 кг на 1 $м^3$ бетона при В:Ц = 0,76 с осадкой конуса 5 см. Ситовой анализ песка и щебня см. стр. № 29, таблицу № 13.

На таком же составе бетона изготовлялись контрольные невакуумированные образцы.

После изготовления образцы выдерживались в помещении в течение 3-х часов и пропаривались в течение 12 и 40 час.

В таблице № 16 приведены сравнительные данные механического испытания вакуумированных и невакуумированных образцов.

Таблица № 16

Метод обработки бетона	Время вибрирования в секунд.	Время вакуумирования в минутах	Разрежение в мм ртут. столба	Отсос. вода в % от воды затв.	Врем.сопрот. щебня в кг/ $см^2$ после проп. и 6ч.остыв. 12 ч.	40 ч.
Невакуумированные....	45	-	-	-	13,5	18,6
Вакуумированные......	45	1,5	520	26,4	26,2	35,6

На рис. № 9 показаны кривые роста прочности на изгиб вакуумированных и невакуумированных образцов бетонных плиток в зависимости от времени пропаривания.

(За 100% принята прочность на изгиб после 40-часового пропаривания).

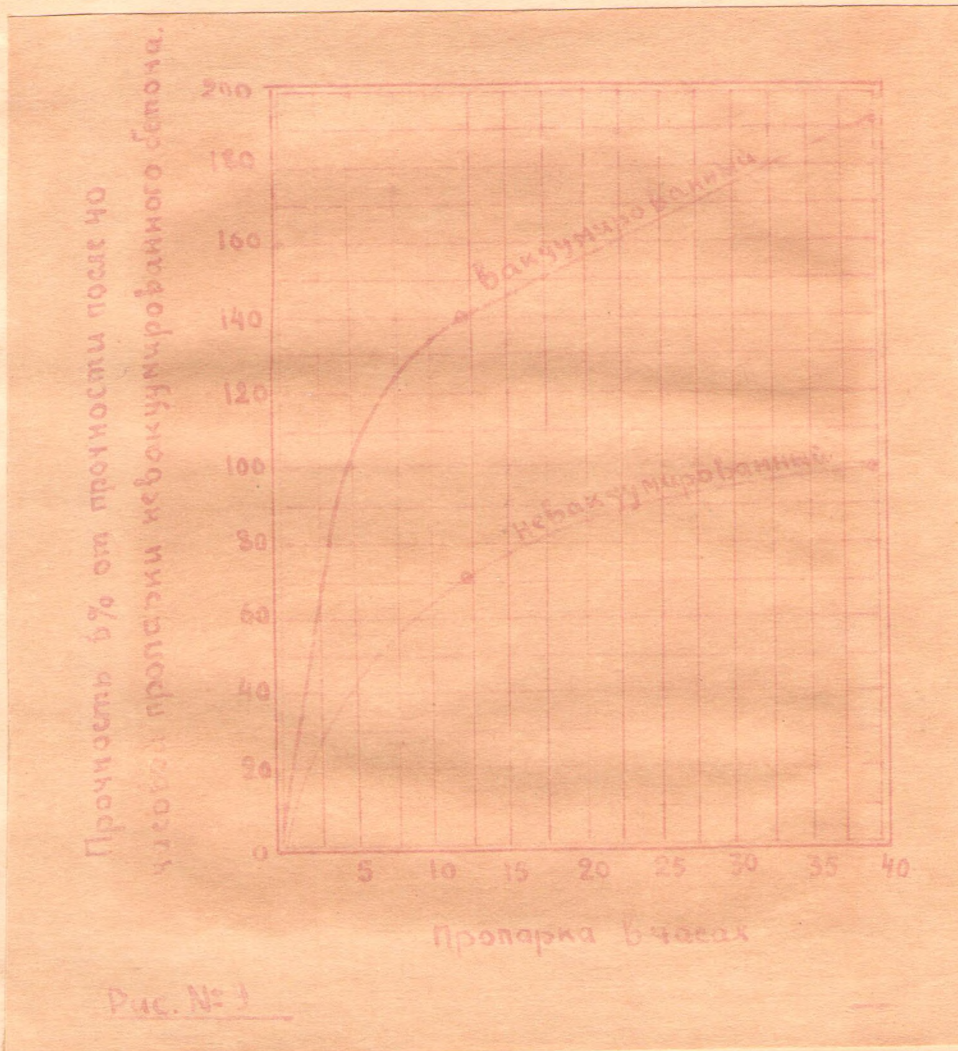


Рис. № 9

Другие образцы бетонных плиток, изготовленные на том же составе бетона, после 12-часовой пропарки оставлены на длительное хранение.

В таблице № 17 приведены сравнительные данные механического испытания на изгиб вакуумированных и невакуумированных бетонных плиток.

Таблица № 17

Метод обработки бетона	Время вибрирования в секундах	Время вакуумирования в минутах	Разрежение в мм ртутного столб.	Отс. воды в % от воды затв.	Времен. сопрот. изгибу в кг/см² возраст в днях 7	28	60	90	180
Невакуумированные.	45	-	-	-	19	18	27	51	-
Вакуумированные...	45	1,5	530	28,6	33	37	42	55	-

На рис. № 10 показаны кривые роста прочности на изгиб вакуумированных и невакуумированных образцов.

(За 100% принята прочность на изгиб невакуумированных образцов в 90-дневном возрасте).

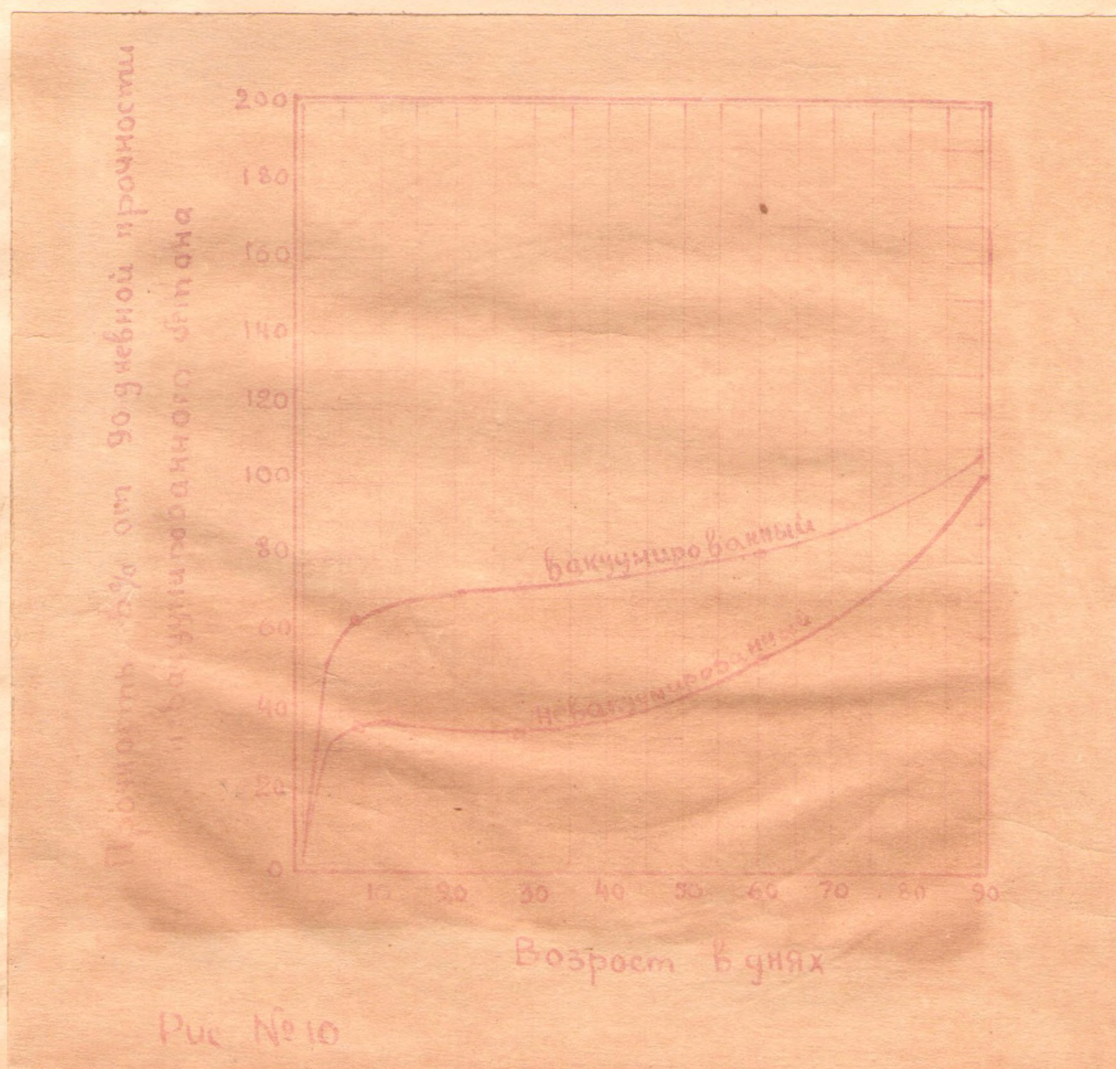


Рис №10

Как показали опыты, преимущество вакуумирования бетона еще в большей степени выявляется при изготовлении плоских бетонных плиток.

Из данных таблицы № 15 и данных опытов по вакуумированию плиток толщиною 3 см видно, что с уменьшением толщины вакуумируемого изделия или конструкции, процесс продолжительности вакуумирования значительно сокращается. Для отбора ровного количества воды, при всех прочих ровных условиях, для бетонных изделий и конструкций толщиной в 10 см требуется 10-12 минут, в то же время для бетонных изделий и конструкций толщиной в 3 см требуется 1,5-2 минуты. С увеличением количества воды затворения (при прочих ровных условиях, разрежение и продолжительности вакуумирования), несмотря на ускорение отбора воды, остаточное В:Ц больше, чем для образца с меньшим начальным В:Ц. Это свидетельствует о необходимости такого же контроля В:Ц при применении вакуумирования, как и для обычного вибрированного бетона.

Влияние низких температур на прочность вакуумированного и невакуумированного бэтонов, замороженных до начала схватывания

Образцы бетонных кубиков 10 х 10 х 10 см в количестве 12 штук были изготовлены из бетона состава 1:2,5:4,5 с расходом цемента 300 кг на 1 м^3 бетона при В:Ц = 0,63 с осадкой конуса 5 см. (Ситовой анализ песка и щебня см. анализ на стр. № 29, таблицу № 13).

Бетонные кубики в формы вибрировались 45 секунд, после чего 6 кубиков были отвакуумированы при разрежении

500 мм ртутного столба в течение 15 минут.

Немедленно после изготовления, вакуумированные кубики без опалубки и вибрированные (не вакуумированные) кубики в опалубках были заморожены при температуре -30°С в течение 6 часов.

После оттаивания в помещении и хранения в нормальных условиях, образцы испытывались на прочность.

В таблице № 18 приведены сравнительные данные механического испытаний на сжатие.

Таблица № 18

Метод обработки бетона	Прочность на сжатие в кг/см^2 возраст в днях	
	3	7
Невакуумированные........................	44	72
Вакуумированные..........................	58	109

Из приведенных данных видно, что преимущество вакуумбетона по сравнению с вибробетоном, подверженных замораживанию до начала схватывания сохранилось.

Для производства работ в зимних условиях этот фактор имеет весьма существенное значение. Уменьшение количества воды в вакуум..бетоне........ увеличивает его морозостойкость, уменьшает время на прогревание бетона и ускоряет строительство.

Полузаводские опыты. Для проведения опытов в заводском масштабе вакуумустановка из лаборатории была перевезена на бетонный завод № 2 и установлена у заводского вибростола.

Вакуумподдон для изготовления ребристых плит сконструирован размером 750 х 495 мм, в соответствии с мощ-

ностью вакуумустановки. На рис. № 11 показана конструкция деревянного вакуумподдона.

Форма для плит состоит из вакуумподдона (1), бортовых брусков (2) с вакуумполостью и торцевых элементов (3), закрепленных к вакуумподдону при помощи прижимных винтов (4). Вакуумподдон состоит из основания (5) и сердечника (6). Основание сбивается из трех брусков на столярном клее и стягивается болтами (7). По средней оси основания имеется трапециодальная борозда (8).

Сердечник сбивается из трех досок на клее в шпунт. В нижней поверхности сердечника прорезаны поперечные борозды (9); острий угол у сердечника с обеих сторон у основания срезан.

Вакуумкамера образуется при помощи двух металлических сеток с отверстиями 5 х 5 мм и 1х1 мм и фильтровальной тканью (10, 11, 12) уложенных поверх сердечника и закрепленных в боковых продольных бороздах (13) зажимными планками. Отобранные из бетона вода и воздух через скосы сердечника и поперечные борозды попадают в среднюю борозду, откуда по патрубкам (14) и коллектору (15) перемещаются к водопылеосадителю. Помимо того, вакуумирование осуществляется через бортовые бруски (2); вакуумполость которых, как и у вакуумкамеры, образуется при помощи сеток и фильтровальной тканью (16). Резиновые шланги от боковых коллекторов (17) соединяются кранами в общий коллектор.

После укладки арматурной сетки и бетона в форму, производится вибрирование и вакуумирование снизу и сбоков.

Далее бортовые элементы отключаются от вакуума при

помощи кранов, торцевые и боковые элементы снимаются.

Плита с вакуумподдоном, находящиеся под разрежением поднимается и переворачивается на 180° и укладывается на вагонетку. После этого вакуум отключается, и поддон возвращается на вибростол.

Укладка свежеотвакуумированных плит, освобожденных от формы выполняется следующим образом.

Каждая плита опирается на три рейки, связанных между собой по краям планками. Высота реек на 15-20 мм выше ребра плиты. Это позволяет оставлять зазор между плитами, что улучшает условия созревания бетона.

Бетон приготовлялся в бетономешалке, емкостью 250 л. Состав бетона 1:2,04:3,62 с расходом цемента 360 кг на 1 м^3 бетона при В:Ц = 0,6 с осадкой конуса 5,5 см (ситовой анализ заполнителей песка и щебня см. стр. ....., табл. № 13). Вакуумподдон с формой (см. рис. № 11) был установлен на малом вибростоле у бетономешалки.

После укладки арматурной сетки и бетона - вакуумподдон по роликовому транспортеру подавался на вибростол, где размещалась вакуумустановка. Бетон с вакуумподдоном вибрировался в течение 45 секунд, после чего включался вакуум. Вакуумирование продолжалось три минуты при разрежении 460 мм ртутного столба.

Далее вакуум отключался, боковые отсосы и торцевые элементы снимались.

Плита с вакуумподдоном поднималась тельфером, переворачивалась на 180° (на вакууме к поддону) и укладывалась на вагонетки. Вакуум отключался, поддон освобождался от

плиты и тельфером возвращался обратно на вибростол.

На первых же плитах были обнаружены дефекты, заключающиеся в следующем:

1) при с'еме боковых отсосов у боковых поверхностей ребер плиты - отрывался бетон;

2) при уплотнении бетона вибрацией, было обнаружено, что вибрация стола передается на вагонетку (вибростол укреплен только к полу) и у свежеатформованных плит разрушались ребра.

Плиты укладывались на вагонетку с продольными прокладками под тонкое тело плиты. Ребра оставались на весу.

Для устранения указанных дефектов - в последующих опытах: 1) перед укладкой арматурной сетки и бетона, в вакуумформу укладывали незакрепленную вторую фильтровальную ткань, так чтобы последняя могла парусить. Это позволило получить, при освобождении плиты из вакуумформы ровную поверхность. Отрыва бетона при этом не наблюдалось;

2) уплотнение бетона вибрацией в вакуумформе производилось на малом вибростоле, расположенного на значительном расстоянии от вакуумустановки. Затем по роликовому транспортеру поддон подавался к вакуумустановке. Дальнейшие операции производились как это было описано выше.

Свежеотформованные плиты выдерживались до пропаривания в помещении цеха в течение трех часов, после чего пропаривание в камере продолжалось 18 часов при T^{o} $80^{o}C$.

В таблице № 19 приведены сравнительные результаты испытаний на изгиб вакуумированных и невакуумированных плит в 7-дневном возрасте (включая пропаривание).

(Таблицу № 19 см. сл. стр.).

Таблица № 19

Метод обработки бетона	Кубиков. прочн. бетона на сжат. в кг/см²	Разрушающий момент в кг/см	Максимальный изгиб в мм
Невакуумированные...................	163	310	44
Вакуумированные.....................	190	443	6,6

Приведенные данные показывают, что разрушающий момент у вакуумированного бетона в 7-дневном возрасте значительно выше (на 43%) невакуумированного бетона. Можно полагать, что и сцепление вакуумированного бетона с арматурой так же выше, чем у невакуумированного бетона.

К недостаткам проведенных опытов в заводских условиях нужно отнести: 1) вибростол, который имеет значительную амплитуду колебания при уплотнении бетона не только ухудшает его качество, но возможно и нарушает структуру бетона; 2) редуктор тельфера работал рывками и это особенно отражалось на плавное опускание плит, что в свою очередь отражалось на укладку свежеотформованных плит.

Из проведенных опытов можно сделать следующие практические указания по производству вакуумбетонных работ.

1. Щебень в качестве заполнителя для вакуумбетона наиболее целесообразно применять из плотных пород с максимальной крупностью 12-15 мм.

2. Подвижность бетонной смеси следует применять с осадкой конуса 3-5 см, стремясь к меньшему пределу.

Очень жесткие бетонные смеси (с осадкой конуса ниже 0-2), трудно уплотняемые вибраторами - не рекомендуются.

Увеличение подвижности бетонной смеси усиливает эффект вакуумирования. Однако, повышенное содержание воды

для облегчения укладки бетона с учетом последующего отсоса излишней воды ведет к удлинению продолжительности вакуумирования, что экономически не целесообразно.

3. Незадолго до начала вакуумирования - бетонная смесь должна быть тщательно провибрирована. Вакуумирование непровибрированной бетонной смеси не допускается.

4. Продолжительность вакуумирования в течение 3 минут (ребристые плиты) обеспечивает отбор воды до 30% от водозатворения бетона, при этом жесткость бетона достигает такой прочности, что позволяет немедленно освободить опалубку от бетонного изделия.

5. Контроль за разрежением осуществляется при помощи вакуумметра соединенного с водопылеотделителем.

6. Контроль за отбором воды производится путем замера количества воды, отобранной в водопылеосадителе в течение одного цикла вакуумирования, последующими замерами устанавливают динамику отбора воды в течение одного цикла. 7. Герметизация установки является одним из существенных условий, обеспечивающих нормальную работу установки.

Деревянный вакуумподдон является основной частью установки и требует хорошей герметизации. Для этой цели хорошие результаты получаются при заливке щелей нефтяным битумом марки IУ.

Для ликвидации могущих образоваться неплотностей в процессе работы, может быть рекомендовано размягченное мыло.8. В процессе работы установки необходимо следить за показанием вакуумметра. Резкое падение разрежения в вакуум полости и в то же время повышение разрежения в водопыле-

осадителе свидетельствует об образовании пробки в сети.

Пробки могут образовываться от ..тампо.......нирования шлангов отложениями.

9. Загрязнение фильтровальной ткани, вакуумполости и труб снижает производительность установки. С целью предупреждения указанных явлений - рекомендуется ежедневно по окончании работ промывать систему при работающем вакуумнасосе. При этом с фильтровальной ткани смывается раствор, а твердые частицы из вакуумполости и труб увлекаются водой в водопылеосадитель. При наличии на фильтровальной ткани затвердевшего раствора, последний очищается в процессе промывки при помощи деревянных скребков.

<u>Выводы:</u> Дополнительный метод уплотнения вибрированного бетона вакуумированием позволяет:

1. Освободиться от неинвентарной опалубки и обходиться, в зависимости от производительности бетонного завода, лишь одной или двумя инвентарными опалубками.

2. Благодаря отбора, во время вакуумирования, избыточной воды из бетона, время термической обработки бетона паром сокращается почти вдвое.

3. Пористость у вакуумированного бетона меньше, чем у невакуумированного бетона; это в свою очередь делает его более морозоустойчивым и менее водопроницаемым.

4. Прочность вакуумированного бетона, особенно в начальном возрасте твердения, при прочих равных условиях, значительно превышает по прочности невакуумированный бетон. Так вакуумбетон в возрасте 7-15 дней равен или превышает по прочности невакуумированного бетона в 28 дневном возрасте.

При более длительных сроках твердения бетона, разница в прочности между вакуумированным и невакуумированным бетонами сокращается. Однако, преимущество у вакуумбетона остается в пределах 10-15%.

5. Новое качество приобретаемое бетоном вследствие физических процессов происходящих во время вакуумирования позволяет снизить на 10-15% расход цемента на 1 м^3 бетона.

6. Необходимо немедленно приступить к внедрению вакуумирования их на заводах железобетонных изделий и стройках комбината.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скромтаев. Справочник строительных материалов.
2. С.В. Шестоперов и А.Н. Защепин. Новые исследования в области цементного бетона. Дориздат, 1949 г.
3. С.С. Гордон. Вакуумирование бетона. Машстройиздат, 1949 г.
4. Гершберг.
5. Железобетонные заводы. 1951 г.

Начальник Центральной лаборатории

(Настас З.)

Руководитель исследовательской группы Б. Левитанский (Левитанский Б.)

" " декабря1951 года